

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
16. Mai 2002 (16.05.2002)

PCT

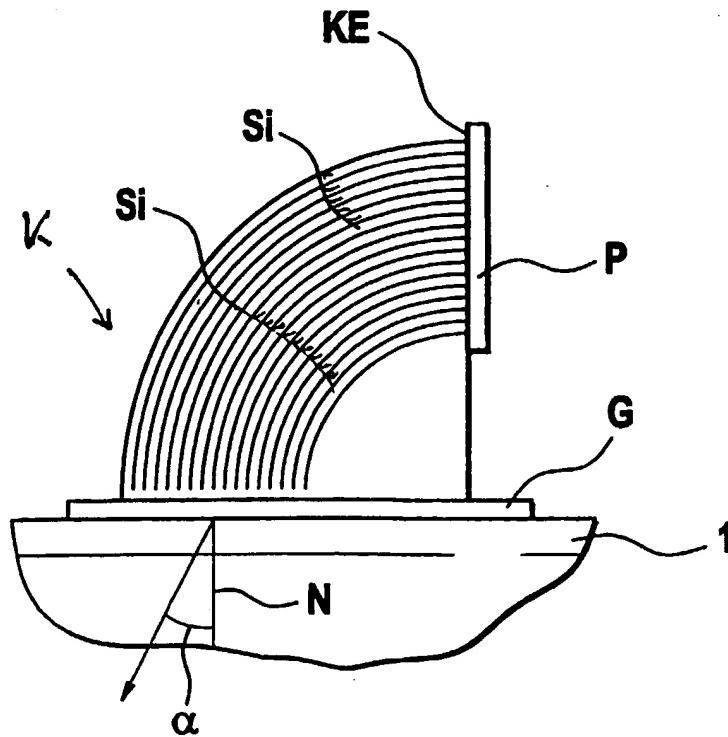
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/39069 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01F**
- (74) Anwalt: ANDRES, Angelika; Endress + Hauser (DE) Holding GmbH, PatServe, Colmarer Strasse 6, 79576 Weil am Rhein (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/12979
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
9. November 2001 (09.11.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
100 55 956.5 11. November 2000 (11.11.2000) DE
- (71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): ENDRESS + HAUSER FLOWTEC AG [CH/CH]; Kägenstrasse 7, CH-4153 Reinach (BL) (CH).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): Wiest, Achim [DE/DE]; Julius-Hall-Strasse 13, 78166 Donaueschingen (DE).
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- Veröffentlicht:  
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COUPLING ELEMENT FOR AN ULTRASONIC FLOWMETER

(54) Bezeichnung: KOPPELEMENT FÜR EIN ULTRASCHALL-DURCHFLUSSMESSGERÄT



(57) Abstract: The invention relates to a coupling element (K) for an ultrasonic flowmeter, comprising several segments (Si), which are separate from one another and run from a contact plane (KE) for a piezoelement (P) to a base plate (G). According to the invention, the length of the individual segments (Si) is measured in such a way that ultrasonic waves are emitted from, or received by the base plate (G) at a certain angle  $\alpha$ .

(57) Zusammenfassung: Bei einem Koppelement (K) für ein Ultrasonic-Durchflußmeßgerät sind mehrere Segmente (Si) vorgesehen, die getrennt voneinander von einer Kontaktfläche (KE) für ein Piezoelement (P) bis zu einer Grundplatte (G) verlaufen. Die Länge der einzelnen Segmente (Si) ist dabei so bemessen, daß an der Grundplatte (G) Ultraschallwellen unter einem bestimmten Winkel  $\alpha$  abgestrahlt bzw. empfangen werden.

**WO 02/39069 A2**



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.*

## Koppelement für ein Ultraschall-Durchflußmeßgerät

5 Die Erfindung betrifft ein Koppelement für ein Ultraschall-Durchflußmeßgerät.

Ultraschall-Durchflußmeßgeräte werden vielfach in der Prozeß- und Automatisierungstechnik eingesetzt. Sie erlauben in einfacher Weise, den Volumendurchfluß in einer Rohrleitung berührungslos zu bestimmen.

10

Die bekannten Ultraschall-Durchflußmeßgeräte arbeiten entweder nach dem Doppler- oder nach dem Laufzeitdifferenz-Prinzip.

15

Beim Laufzeitdifferenz-Prinzip werden die unterschiedlichen Laufzeiten von Ultraschallimpulsen relativ zur Stömungsrichtung der Flüssigkeit ausgewertet.

20

Hierzu werden Ultraschallimpulse sowohl in wie auch entgegen der Strömung gesendet. Aus der Laufzeitdifferenz läßt sich die Fließgeschwindigkeit und damit bei bekanntem Durchmesser des Rohrleitungsabschnitts der Volumendurchfluß bestimmen.

25

Beim Doppler-Prinzip werden Ultraschallwellen mit einer bestimmten Frequenz in die Flüssigkeit eingekoppelt und die von der Flüssigkeit reflektierten Ultraschallwellen ausgewertet. Aus der Frequenzverschiebung zwischen den eingekoppelten und reflektierten Wellen läßt sich ebenfalls die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit bestimmen.

30

Reflexionen in der Flüssigkeit treten jedoch nur auf, wenn Luftblaschen oder Verunreinigungen in dieser vorhanden sind, so daß dieses Prinzip hauptsächlich bei verunreinigten Flüssigkeiten Verwendung findet.

- Die Ultraschallwellen werden mit Hilfe sogenannter Ultraschallwandler erzeugt bzw. empfangen. Hierfür sind Ultraschallwandler an der Rohrwandung des betreffenden Rohrleitungsschnitts fest angebracht. Seit neuerem sind auch 5 Clamp-on-Ultraschall-Meßsysteme erhältlich. Bei diesen Systemen werden die Ultraschallwandler nur noch mit einem Spannverschluß an die Rohrwandung gepreßt. Derartige Systeme sind z. B. aus der EP-B-686 255, US-A 44 84 478 oder US-A 45 98 593 bekannt
- 10 Ein weiteres Ultraschall-Durchflußmessgerät, das nach dem Laufzeitdifferenz-Prinzip arbeitet, ist aus der US-A 50 52 230 bekannt. Die Laufzeit wird hier mittels Bursts, das sind kurze sinusförmige Ultraschallimpulse, ermittelt.
- 15 Die Ultraschallwandler bestehen normalerweise aus einem Piezoelement und einem Koppelkeil aus Kunststoff. Im Piezoelement werden die Ultraschallwellen erzeugt und über den Koppelkeil zur Rohrwandung geführt und von dort in die Flüssigkeit geleitet. Da die Schallgeschwindigkeiten in Flüssigkeiten und Kunststoffen unterschiedlich sind, werden die Ultraschallwellen beim Übergang von einem zum anderen Medium gebrochen. Der Brechungswinkel bestimmt 20 sich nach dem Snell'schen Gesetz. Der Brechungswinkel ist somit abhängig von dem Verhältnis der Ausbreitungsgeschwindigkeiten in den beiden Medien.
- Derartigen Koppelkeile aus Kunststoff haben verschiedene Nachteile. In 25 Kunststoffen ist die Schallgeschwindigkeit stark temperaturabhängig. So sinkt die Schallgeschwindigkeit typischerweise von ca. 2500 m/s bei 25° C auf ca. 2200 m/s bei 130° C. Damit ändert sich die Ausbreitungsrichtung der Ultraschallwellen in der Flüssigkeit und zusätzlich die Laufzeit des Ultraschallsignals im Kunststoff.

Beide Änderungen wirken sich bei nach dem Laufzeit-Differenz-Prinzip arbeitenden Meßmethoden ungünstig auf die Genauigkeit des Meßergebnisses aus.

- 5 Ein weiterer Nachteil von Kunststoffen besteht darin, daß sie nur bedingt längere Zeit höheren Temperaturen von 300° standhalten.

Um diese Nachteile zu umgehen, sind bereits Koppelkeile aus Metall bekannt, die jedoch nur in sehr geringem Umfang eingesetzt werden. Der wesentliche Grund hierfür ist der zu geringe Grenzwinkel dieser Koppelkeile. Oberhalb dieses Grenzwinkels können Ultraschallsignale nicht mehr von der Flüssigkeit in den Koppelkeil einkoppeln. Die Ultraschallsignale werden an der Grenzfläche Flüssigkeit - Metall total reflektiert.

- 15 Aufgabe der Erfindung ist es ein Koppelement für ein Ultraschall-Durchflußmeßgerät anzugeben, das die oben angegebenen Nachteile nicht aufweist, das insbesondere weniger temperaturempfindlich ist und das kostengünstig und einfach herstellbar ist.

- 20 Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Koppelement für ein Ultraschall-Durchflußmeßgerät, das mehrere Segmente aufweist, die getrennt voneinander von einer Grundplatte bis zu einer Kontaktalebene für ein Piezoelement verlaufen, wobei die Länge der einzelnen Segmente so bestimmt ist, daß an der Grundplatte Ultraschallwellen unter einem bestimmten Winkel  $\alpha$  abgestrahlt bzw. empfangen werden.

25 Die wesentliche Idee der Erfindung besteht darin, mehrere Segmente am Koppelement vorzusehen, in denen Ultraschallwellen von der Kontaktalebene mit dem Piezoelement bis zu der Grundplatte getrennt voneinander laufen. Die Länge der einzelnen Segmente ist so bestimmt, daß Ultraschallwellen an der

Grundplatte unter einem bestimmten Winkel  $\alpha$  abgestrahlt bzw. empfangen werden.

In vorteilhafter Weise ist das Koppelement einstückig hergestellt.

5

Als Material für das Koppelement eignet sich besonders Metall.

Zur Vereinfachung der Herstellung sind die Segmente als Kreissegmente ausgebildet.

10

Nachfolgend ist die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematische Darstellung eines Ultraschall-Durchflußmessgeräts und

15

Fig. 2 Schnittdarstellung eines erfindungsgemäß Koppelements für ein Ultraschall-Durchflußmessgerät gemäß Fig. 1

20

Fig. 1 zeigt in stark vereinfachter Darstellung ein Ultraschall-Durchflußmessgerät mit zwei Ultraschallwählern 2, 3, die auf der Außenwandung einer Rohrleitung 1 achsparallel versetzt angeordnet sind. Die Flüssigkeit F in der Rohrleitung 1 fließt in Pfeilrichtung.

Dieses Wandlerpaar kann auf zwei unterschiedliche Weisen betrieben werden.

25

Entweder wirkt der Ultraschallwandler 2 als Sendewandler und der Ultraschallwandler 3 als Empfängerwandler oder der Ultraschallwandler 2 als Empfängerwandler und der Ultraschallwandler 3 als Sendewandler, wodurch abwechselnd in Strömungsrichtung bzw. entgegen der Strömungsrichtung gemessen wird.

30

Jeder der Ultraschallwandler 2 bzw. 3 besteht aus jeweils einem Piezoelement P2 bzw. P3 und jeweils einem Koppelement 21 bzw. 31, das die Ultraschall-  
signale unter einem von 90° verschiedenen Winkel  $\alpha$  entweder in die Wandung  
der Rohrleitung ein- bzw. auskoppelt werden. Der Winkel  $\alpha$  ist so gewählt, daß  
5 das an der gegenüberliegenden Wandung der Rohrleitung 1 reflektierte Signal  
auf den jeweils anderen Ultraschallwandler trifft.

Die Piezoelemente P2, P3 wandeln entweder elektrische Impulse in  
mechanische Schwingungen, die eigentlichen Ultraschallsignale, oder  
10 umgekehrt mechanische Schwingungen in elektrische Impulse um.

Beide Ultraschallwandler 2,3 sind jeweils über Anschlußleitungen 23 bzw. 33  
mit einer Meßschaltung 100 verbunden. Über diese Anschlußleitungen 23, 33  
werden die elektrischen Impulse geführt. Derartige Meßschaltungen 100 sind  
15 bekannt und nicht Gegenstand der Erfindung.

Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Koppelement K. Von einer Grundplatte G  
verlaufen mehrere Segmente Si zum Piezoelement P. Das Piezoelement P ist  
fest mit dem Koppelement K verbunden. Die Ebene an der das Piezoelement  
20 P und das Koppelement K berühren wird als Kontakt ebene KE bezeichnet.

In vorteilhafter Weise ist das Koppelement K einstückig ausgebildet. Der  
Abstand A zwischen den einzelnen Segmenten Si beträgt etwa 1mm. Die  
Segmente Si sind selbst etwa 20 mm breit.  
25 Als Material für das Koppelement K eignet sich besonders Metall.

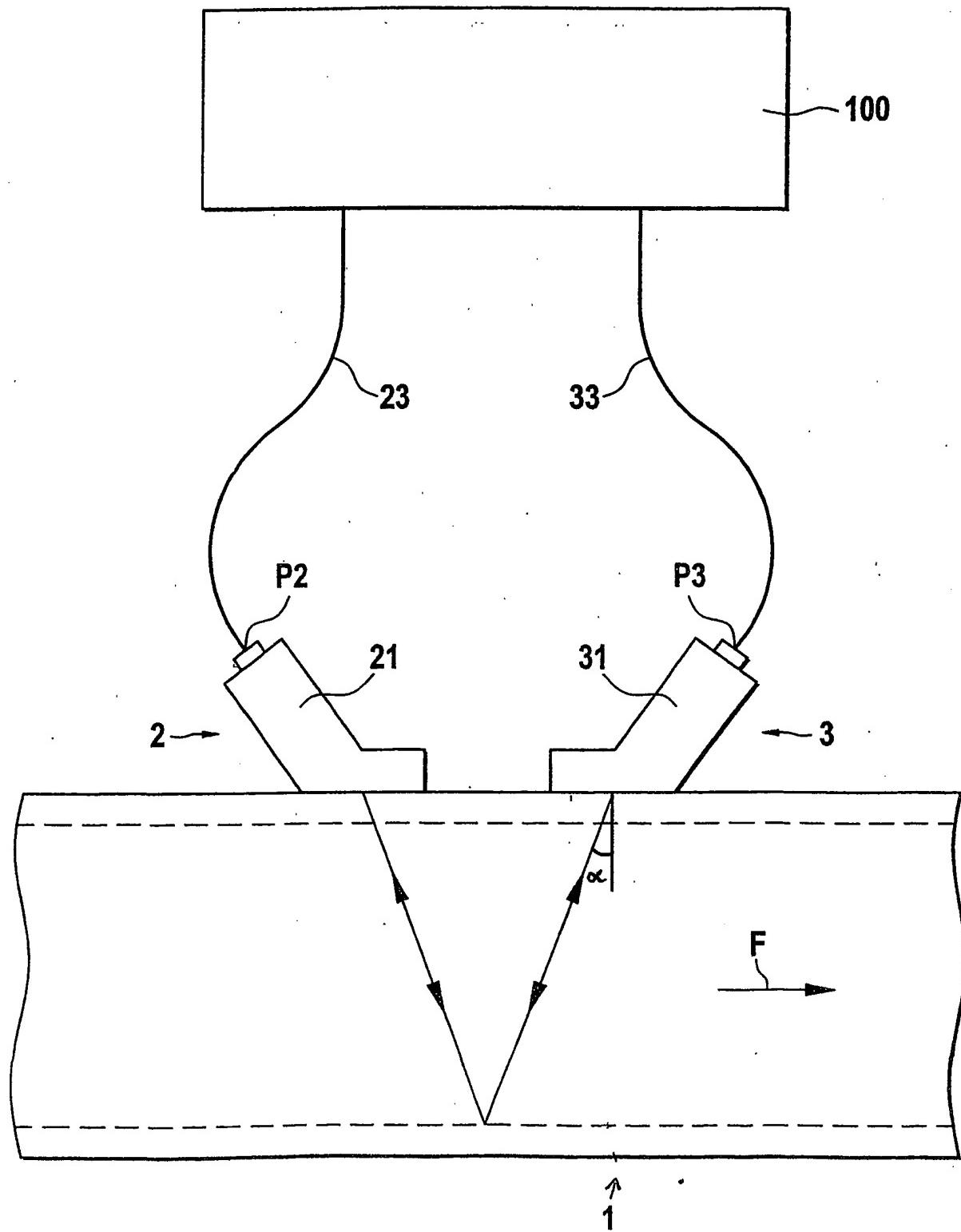
Besonders einfach lassen sich kreisförmige Segmente Si herstellen.

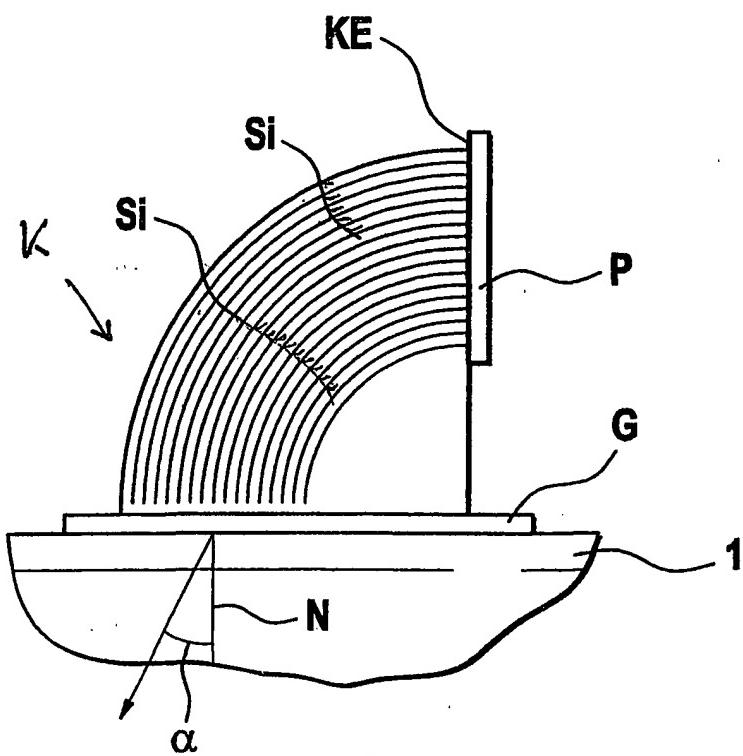
Nachfolgend ist die Funktionsweise der Erfindung anhand eines  
30 Sendewandlers näher beschrieben. Die entsprechenden Überlegungen gelten  
für einen Empfängerwandler.

- Das Piezoelement P erzeugt beim Anlegen einer Wechselspannung Ultraschallwellen. Diese Ultraschallwellen werden über die Kontaktebenen KE in das Koppelement K eingeleitet und in den einzelnen Segmenten Si als Teilwellen TW getrennt voneinander geführt. Da die Segmente Si unterschiedliche Längen aufweisen, besitzen die einzelnen Teilwellen unterschiedliche Phasen in der Ebenen der Grundplatte G. Die Länge der einzelnen Segmente S und damit der Phasenunterschied zwischen benachbarten Teilwellen TW ist dabei so berechnet, daß dies gerade einem bestimmten Ausbreitungswinkel  $\alpha$  in der Flüssigkeit F entspricht. Der Ausbreitungswinkel  $\alpha$  wird relativ zur Flächennormalen N der Grundplatte G bestimmt.
- Dadurch daß das Koppelement K aus Metall gefertigt ist, wirken sich Temperaturänderungen nur wenig auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallwellen im Koppelement K aus. So wird einerseits die Laufzeit des Signals im Koppelement K nur wenig beeinflußt und andererseits bleibt der Winkel unter dem die Ultraschallwellen in die Flüssigkeit F eingekoppelt auch bei Temperaturänderungen quasi unverändert.
- Dadurch wird die Laufzeit der Ultraschallwellen unwesentlich beeinflußt, was sich insgesamt positiv auf die Genauigkeit der Differenzlaufzeit-Messung auswirkt.

## Patentansprüche

- 5      1. Koppelement für ein Ultraschall-Durchflußmeßgerät, das mehrere Segmente Si aufweist, die getrennt voneinander von einer Kontaktalebene KE für ein Piezoelement P bis zu einer Grundplatte G verlaufen, wobei die Länge der einzelnen Segmente Si so bestimmt ist, daß an der Grundplatte G Ultraschallwellen unter einem bestimmten Winkel  $\alpha$  abgestrahlt bzw. empfangen werden.
- 10
2. Koppelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Koppelement K einstückig ausgebildet ist.
- 15      3. Koppelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Koppelement K aus Metall ist.
4. Koppelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Segmente Si als Kreissegmente ausgebildet.

**Fig. 1**



**Fig. 2**